





NÚM. 94 ENERO-FEBRERO DE 2011

ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

LUCES NOCTURNAS

El aumento descontrolado de la actividad humana se ha convertido en la principal causa de cambio de los ecosistemas, ocasionando problemas ambientales sin precedentes en el planeta, y México no es la excepción. Factores como el crecimiento de la población humana, el aumento en la actividad económica, el consumo de bienes y servicios per cápita, así como la necesidad de nueva infraestructura para el desarrollo humano han sido catalizadores directos de la degradación de las áreas naturales.[1, 2] Esta creciente presión sobre los recursos naturales ha promovido la necesidad de desarrollar indicadores que evalúen el impacto humano sobre los ecosistemas.

LA PROLIFERACIÓN DE LUCES NOCTURNAS: UN INDICADOR DE ACTIVIDAD ANTRÓPICA EN MÉXICO

Juan Carlos López Acosta[1], Andrés Lira Noriega[2], Isabel Cruz[3] y Rodolfo Dirzo[4]

Las crecientemente refinadas tecnologías de sensores remotos o satelitales representan una herramienta que nos permite desarrollar indicadores de tales impactos, uno de los cuales discutimos en este artículo.

Un parámetro que intuitivamente podemos asociar con la actividad humana es la presencia y proliferación de luces nocturnas, en tanto que son un reflejo directo de infraestructura y actividad humana. Este parámetro tiene la ventaja de detectarse de manera económica y periódica, siendo un excelente indicador de actividad humana que puede ser medido, con buena resolución, desde el espacio.[3] Se ha argumentado que su análisis puede utilizarse como una herramienta económica y contundente para determinar la distribución de áreas de desarrollo de la actividad humana.[3] Su análisis a diferentes escalas puede reflejar una medida de presión antropogénica espacial y temporal sobre las áreas naturales, incluyendo aquellas que se encuentran en algún esquema de protección.

Desde 1993 existe un sensor satelital que tiene la capacidad de identificar los puntos de luz nocturna en todo el mundo: el U.S. Air Force Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)-Operational Linescan System (OLS), cuyos datos son procesados por el NOAA/NGDC (National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geophysical Data Center). Este sensor ha sido extensamente utilizado para realizar mapeos de áreas urbanas, y se han encontrado relaciones significativas entre presencia y densidad de luces con factores socioeconómicos como densidad de población y producto interno bruto.[4, 5, 6] Estas correlaciones se han hallado tanto a escala global como regional.[5, 7] En este estudio presentamos un análisis preliminar sobre el cambio espacio-temporal de las áreas influenciadas por las luces en la República Mexicana basado en las imágenes DMSP-OLS. En particular, nos dedicamos a observar la trayectoria de cambios en la cobertura espacial de luces en todo el territorio mexicano, así como en algunas áreas protegidas (AP) y biomas en tres años (1993, 1997, 2002). La figura 1 muestra la presencia e influencia de luces nocturnas en una buena parte de la superficie continental de la República Mexicana, consecuencia de actividades antrópicas.

Para la realización de este ejercicio hicimos cálculos y comparaciones de las áreas con influencia de luces nocturnas en la República

Portada: Los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl y la ciudad de Puebla al anochecer.

Fotos: © Alejandro Boneta



Atlixco de noche, desde el glaciar de Ayoloco en el volcán Iztaccíhuatl.

Mexicana, utilizando las coberturas de luces nocturnas estables libres de nubosidad del DMSP-OLS y procesadas por el NGDC/NOAA (disponibles en http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/global_composites_v2.html). Las imágenes fueron convertidas a polígonos con una proyección cónica conforme a Lambert para realizar el cálculo de áreas. Todos los cálculos se hicieron considerando exclusivamente la superficie continental del territorio nacional con base en el mapa de las ecorregiones nivel 4 de México,[8] excluyendo las islas y la superficie marina de las AP cuando su delimitación se extiende por fuera de la línea de costa. Para los cálculos de las luces en las AP se utilizó la cobertura de la superficie del AP en cuestión, ensamblada para el análisis de vacíos y omisiones en conservación y especialmente editada para evitar duplicaciones o triplicaciones en la estimación del área protegida debido a la sobreposición de las áreas federales, estatales y municipales. Para determinar el cambio en la presencia de luces en los diferentes ecosistemas se usaron las ecorregiones nivel 1 de la Comisión de Cooperación Ambiental.

Nuestro análisis muestra que este indicador de la actividad antrópica ha tenido una trayectoria de crecimiento importante en el periodo analizado, particularmente notable en el periodo 1997-2002. La tendencia temporal mostrada en la figura 1 indica que el área con influencia de luz se ha incrementado desde 1993 a una tasa de 14 787 km^2/año. Esta cobertura de luces es mucho mayor a los 12 700 km^2 de área cubierta por zonas pobladas en 2002, según la carta de suelo y vegetación del INEGI (serie III), lo cual evidencia que las ciudades, a pesar de ocupar relativamente poca superficie, pueden ejercer una influencia considerable en su entorno, detectada por la presencia de luces.

Lamentablemente, las áreas que son prioritarias para la conservación, como las AP continentales, no están exentas de actividad humana y como consecuencia del aumento de la cobertura de luces. Al analizar el curso temporal de la cobertura de luces en las AP de jurisdicción federal, estatal o municipal, encontramos que el área de luces nocturnas se ha incrementado a una tasa de 813.41 km^2/año en el periodo 1993-2002, de tal manera que, en 2002, 14% de estas AP estaba cubierto por luces estables.

Dada la diferencia en el incremento del área de luces en el total nacional, comparada con el incremento en las AP (14 787 frente a 813.4 km^2/año), este análisis sugiere que la instalación de las AP es un instrumento útil, más no definitivo, en la contención de la actividad antrópica. Sin embargo, existe una gran variación en el registro de luces sobre las AP analizadas. Por ejemplo, si tomamos las 15 AP con mayor superficie en México, encontramos que existen áreas como la Sierra Gorda que han aumentado más de tres veces su área iluminada; en la reserva de Río Grande-San Pedro y la Barranca de Meztitlán se han incrementado en más de dos veces. Por el contrario, zonas





como las de Arroyo Sila, Zempoala y La Bufa "Otomí-Mexica" prácticamente no han cambiado en cuanto al área cubierta con luces; incluso el área de Cumbres de Monterrey mostró una tendencia a la disminución del área iluminada.

Al comparar las coberturas de luces con los mapas de las ecorregiones de nivel 1 encontramos que hay ecosistemas con mayor presión antrópica: las selvas cálido-secas mostraron un aumento de 1.6 veces en la cubierta por luces al pasar de 2 341.2 km^2 en 1992 a 3 700 km^2 en 2002, mientras que las selvas cálido-húmedas aumentaron 1.5 veces al pasar de 2 669 a 3 954 km^2 en el mismo periodo. Este hallazgo del aumento de cobertura en luces en las selvas de México coincide con los análisis típicos de cambio en cobertura vegetal, utilizando como base de información las tres ediciones de la *Carta de uso actual del suelo y vegetación* y la *Carta de vegetación primaria potencial* del INEGI, los cuales señalan que las selvas han sido los ecosistemas terrestres que han sufrido las mayores transformaciones y afectaciones por las actividades humanas.

En este análisis hemos señalado la tendencia en el aumento de la cobertura de luces en México, sin embargo, dada su correlación directa con factores socioeconómico-ambientales, la potencialidad de esta herramienta es mayor, y puede ayudar a comprender y prevenir los efectos negativos del desarrollo. Este artículo hace evidente que el análisis de la cobertura de luces nocturnas nos es útil para tener un marco general de la presencia y el impacto potencial de la actividad humana sobre los ecosistemas. Con las calibraciones adecuadas, este método nos permitiría detectar cambios y tener seguimiento de las áreas prioritarias, y podría ser incluido en las acciones que evalúan los esfuerzos para la conservación de nuestro país. Más allá del análisis espacial que relacione la cobertura de luces nocturnas con presencia humana, ahora es necesario desarrollar estudios que nos permitan conocer el impacto sobre las poblaciones naturales vulnerables a la contaminación lumínica, que afecta así la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad de los ecosistemas del país.

Bibliografía

[1] Liu, J., G.C. Daily, P.R. Ehrlich y G.W. Luck. 2003. "Effects of Household Dynamics on Resource Consumption and Biodiversity", en *Nature* 421:530-533.

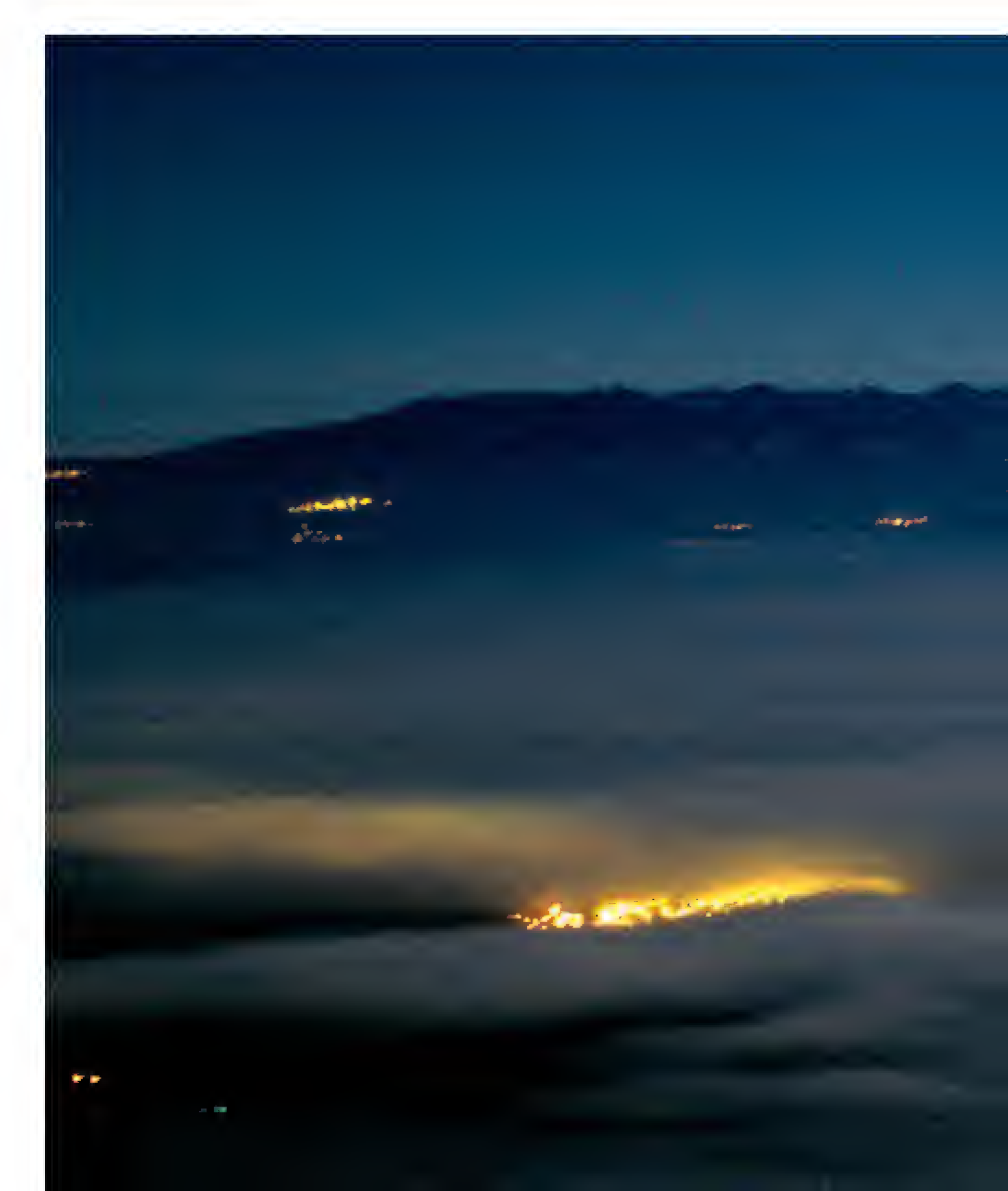
[2] Mikkelson, G.M., A. González y G.D. Peterson. 2007. "Economic Inequality Predicts Biodiversity Loss", en *PLoS One* 5:e444.

[3] Eldridge, C.D., J. Safran, B. Tuttle, P. Sutton, P. Cinzano *et al.* 2007. "Potential for Global Mapping of Development Via a Nightsat Mission", en *GeoJournal* 69:45-53.

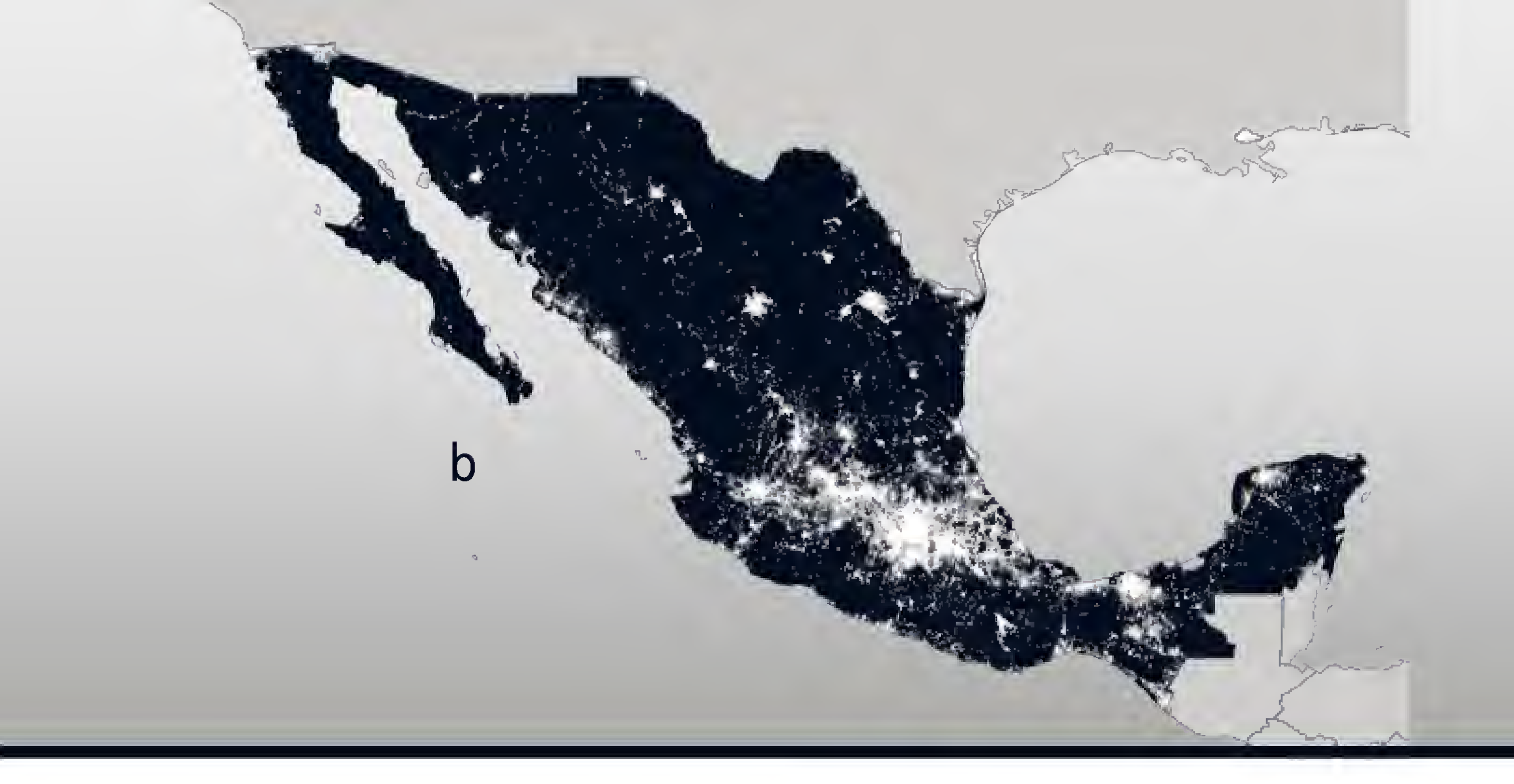
[4] Doll, C.N.H., J.P. Muller y C.D. Eldridge. 2000. "Night-time Imagery as a Tool for Global Mapping of Socioeconomic Parameters and Greenhouse Gas Emissions", en *AMBIO* 29:157-162.

[5] Sutton, P., D. Roberts, C. Elvidge y K. Baugh. 2001. "Census from Heaven: An Estimate of the Global Human Population Using Night-time Satellite Imagery", en *International Journal of Remote Sensing* 22:3061-3076.

[6] Balk, D., F. Pozzi, G. Yetman, U. Deichmann y A. Nelson. 2004. *The Distribution of People and the Dimension of Place: Methodologies to Improve the Global Estimation of*



Pico de Orizaba y pueblos aledaños desde la cumbre de la Malinche, Tlaxcala.



Distribución de luces nocturnas asociadas con asentamientos humanos en México en 1993 (a) y 2003 (b).

Fuente: NOAA's National Geophysical Data Center (2006).

Urban Extents. International Union for the Scientific Study of Population, París. Disponible en www.iussp.org/Activities/wgc-urb/balk.pdf.

[7] Amaral, S., G. Câmara, A.M. Vieira Monteiro, C.D. Elvidge y J.A. Quintanilha. 2007. *Nighttime Lights. DMSP Satellite Data as an Indicator of Human Activity in the Brazilian Amazonia: Relations with Population and Electrical Power Consumption*. Disponible en www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/dmsp_ceus.pdf.

[8] INEGI, CONABIO e INE. 2007. *Ecorregiones terrestres de México*, 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Nacional de Ecología, México.

[1] Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), Veracruz, México. jcarlos1975@yahoo.com

[2] Natural History Museum and Biodiversity Research Center, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA. aliranoriega@yahoo.com

[3] CONABIO, Dirección General de Bioinformática. isabel.cruz@conabio.gob.mx

[4] Department of Biology, Stanford University, Stanford, California, USA. rdirzo@stanford.edu

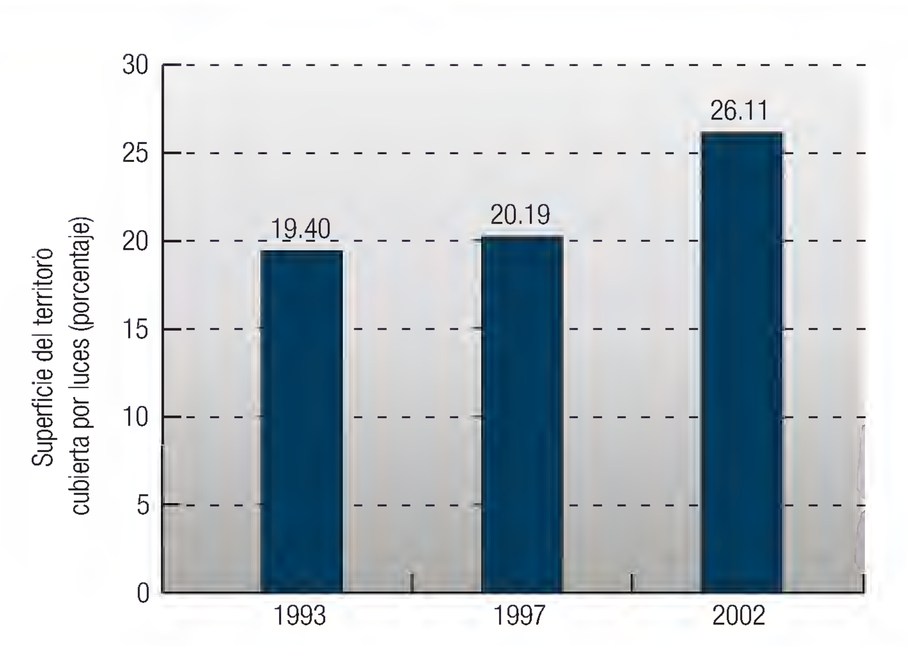


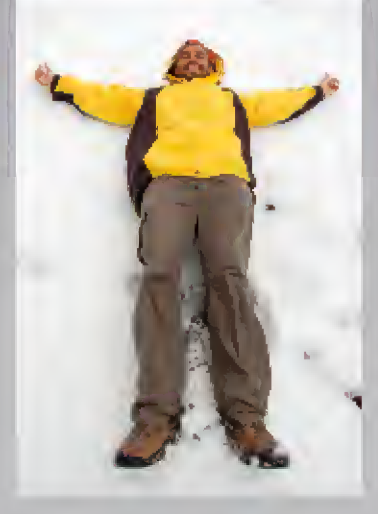
Figura 1. Cobertura de luces en los años 1993, 1997 y 2002.



El sitio que promueve la afición por la fotografía de la naturaleza, da a conocer en este espacio de *Biodiversitas* la imagen ganadora del mes de octubre y a su autor.



¡Tú también puedes participar! Visita
www.mosaiconatura.net



Nombre: Thor Edmundo Morales Vera.
Área de estudio: Aves marinas y acuáticas.

Trayectoria profesional: biólogo egresado de la Universidad Veracruzana (UV) campus Xalapa. Es colaborador del Departamento de Ecología de Aves Marinas del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la UV que dirige la doctora Enriqueta Velarde, con proyectos de aves marinas en el Golfo de México. También colabora con la asociación civil Conservación del Territorio Insular Mexicano (ISLA, A.C.) en proyectos de conservación comunitaria y capacitación de jóvenes indígenas en el noroeste de México. Como complemento del trabajo de conservación se dedica a la fotografía de naturaleza y cultura. Ha publicado sus imágenes en revistas nacionales e internacionales y ha participado en exposiciones colectivas en México y España. Ha asistido a reuniones y cursos de conservación de humedales internacionales y es co-responsable de un proyecto de conservación comunitaria que se desarrolla actualmente en el Golfo de California.

Contacto: photobios@gmail.com

LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Patricia Balvanera[1] y Helena Cotler[2]

Los seres humanos obtenemos numerosos beneficios de los sistemas naturales que nos rodean. Hemos transformado algunos de ellos en sistemas de producción intensiva de bienes; por ejemplo, bosques, selvas y pastizales naturales han sido convertidos en sistemas agropecuarios para la producción de alimentos. Estos cambios modifican la capacidad que tienen los ecosistemas para brindarnos otros beneficios de los cuales no siempre nos percatamos; hemos intercambiado la elevada contribución de los bosques a la regulación del clima o al control de la erosión por contribuciones distintas que hacen los sistemas agropecuarios. Pero en la búsqueda de satisfacer nuestras necesidades hemos minado la capacidad que tienen los sistemas naturales para mejorar la calidad de nuestras vidas. El balance es complejo: hemos privilegiado la posibilidad de obtener ciertos tipos de beneficios a costa de otros; hemos favorecido los satisfactores a corto plazo a costa de aquellos a mediano y largo plazos; hemos puesto énfasis en la obtención de bienes en nuestro entorno inmediato a costa de zonas alejadas de nosotros, donde no nos percatamos de las consecuencias. Esta situación es común en todo el planeta. Sin embargo, en México se presenta un caso particular en el que se combinan, por un lado, la elevada diversidad biológica y cultural de nuestro país, y por otro, un profundo deterioro de los sistemas que albergan esta biodiversidad, con consecuencias negativas para la población humana.

El ecosistema es la unidad funcional básica de la naturaleza donde interactúan componentes bióticos (plantas, animales, microorganismos) y abióticos (energía, agua, suelos, nutrientes, atmósfera) y entendemos a las sociedades humanas como sistemas complejos que interactúan de forma dinámica con esos ecosistemas, siendo el ser humano una de las especies que habitan en ellos. Con el término "servicios ecosistémicos" abarcamos todos los beneficios que las poblaciones humanas obtenemos de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C.).

Existen varias formas de clasificar los servicios ecosistémicos. La más común (promovida por el Millennium Ecosystem Assessment) los divide en bienes y servicios, para destacar la diferencia entre lo que consumimos, que es tangible, y aquello que nos beneficia de manera menos tangible. Sin embargo, esta clasificación no permite un vínculo explícito entre la forma en que se proporcionan los servicios y la forma en que la sociedad se ve favorecida.

Los servicios ecosistémicos más fácilmente reconocibles son los de provisión; se trata de bienes tangibles, también llamados recursos naturales o bienes (Cuadro 1). En esta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera, las fibras. Estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana, y los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

Otros servicios igualmente fundamentales para el bienestar humano, aunque mucho menos fáciles de reconocer, son los de regulación. En este caso se incluyen procesos ecosistémicos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en el que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En esta categoría se incluyen la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, entre otros.

Los ecosistemas brindan también beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes. En este caso se habla de servicios culturales, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles cuyos beneficios pueden ser espirituales, recreativos o educacionales.

Los servicios de sustento son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales (Cuadro 1). Entre éstos se encuentran la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal, y el mantenimiento de la biodiversidad.

La interacción dinámica entre las sociedades humanas y los ecosistemas determina el tipo de servicios ecosistémicos que se proporcionan. Las condiciones culturales, económicas y políticas de las sociedades definen el tipo de decisiones que se toman para manejar los ecosistemas y así promover o afectar (de forma consciente y premeditada o de forma involuntaria) los distintos servicios. A su vez, el flujo de servicios ecosistémicos determina el bienestar humano y, por lo tanto, las condiciones de las sociedades humanas; la falta, escasez o distribución desigual de estos servicios pueden ocasionar conflictos sociales o políticos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

[1] UNAM, Centro de Investigaciones en Ecosistemas. pbalvanera@cieco.unam.mx

[2] Instituto Nacional de Ecología. hcotler@ine.gob.mx

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos, beneficios que brindan a las poblaciones humanas y procesos ecosistémicos asociados a estos servicios

SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Alimentos derivados de la agricultura	Sustento básico y recursos económicos	Campo agricola
Alimentos derivados de la ganadería		Pastizal, encierros, campo agrícola (complementos alimenticios), matorrales, selvas y bosques
Alimentos derivados de la pesca		Océanos, ecosistemas costeros (e.g. lagunas) y ecosistemas acuáticos continentales
Alimentos derivados de la acuicultura		Cuerpos de agua naturales y artificiales
Madera	Material de construcción y bienestar económico	Bosques y selvas
Leña	Fuente de energía	Bosques, selvas, matorrales, manglares, desiertos
Recursos diversos	Usos múltiples (e.g. alimentos, medicinas, materiales de construcción), recursos económicos, importancia cultural (presente o futura)	Todos los ecosistemas del país
Agua (cantidad)	Sustento básico, actividades productivas (agricultura, industria), funcionamiento de los ecosistemas	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera

Procesos ecosistémicos involucrados en el servicio	Actividades humanas involucradas en la obtención del servicio
Productividad primaria: transformación de luz solar en tejido vegetal por medio de la fotosíntesis	Remoción de la cobertura vegetal, uso de insumos químicos, riego, maquinaria o sustitutos orgánicos, introducción de especies, selección o mejoramiento genético
Productividad secundaria/terciaria: transferencia de energía desde los productores primarios (que realizan la fotosíntesis) hasta los niveles tróficos superiores	Cría de ganado en pastizales, encierros o zonas con cobertura vegetal, suplementación alimenticia, introducción de especies, selección o mejoramiento genético
	Extracción de productos marinos silvestres, manejo del ecosistema
	Introducción de especies, construcción de estanques, establecimiento de granjas, suplementación alimenticia
Productividad primaria	Extracción de individuos de talla y especies comerciales, manejo forestal
Productividad primaria	Extracción
Mantenimiento de la biodiversidad y de las poblaciones de especies útiles	Extracción, manejo de especies, manejo de ecosistema
Interacción entre patrones climáticos, vegetación, suelo y procesos del ciclo hidrológico	Construcción de presas, sistema de riego/alcantarillado, manejo de cuencas

SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Agua (calidad)	Regulación de concentraciones de contaminantes y organismos nocivos para la salud humana y la del ecosistema	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera
Regulación de la biodiversidad	Regulación de casi todos los servicios ecosistémicos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización	Regulación de los polinizadores: producción de algunos cultivos comerciales; regulación de plagas y vectores de enfermedades: control biológico de organismos nocivos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de la erosión	Mantenimiento del suelo y sus servicios de moderación del ciclo hidrológico, soporte físico para las plantas, retención y disponibilidad de nutrientes, procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, mantenimiento de la fertilidad del suelo y regulación de los ciclos de nutrientes	Ecosistemas terrestres del país
Regulación del clima	Mantenimiento de condiciones climáticas adecuadas para la vida humana, sus actividades productivas y la vida en general	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la calidad del aire	Regulación de concentraciones de contaminantes nocivos para la salud y para la visibilidad	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la respuesta a eventos naturales extremos	Regulación de la respuesta de los sistemas naturales al embate de eventos naturales extremos y sus consecuencias sobre la población humana	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres
Servicios culturales	Seguridad, belleza, espiritualidad, recreación cultural y social para las poblaciones	Todos los ecosistemas del país

Fuentes: Balvanera y Prabhu (2004); Beattie *et al*. (2005); Bravo de Guenni *et al*. (2005); Bruijnzeel (2004); Buchmann y Nabham (1996); Cassman *et al*. (2005); Daily *et al*. (1997); De Groot *et al*. (2005); Díaz *et al*. (2005); Falkenmark (2003); Folke *et al*. (2002); House *et al*. (2005); IEA (2002); Lavelle *et al*. (2005); Lovelock (1979); Panayatou y Ashton (1992); Pauly *et al*. (2005); Sampson *et al*. (2005); Shvidenko *et al*. (2005); Vörösmarty *et al*. (2005); Wood *et al*. (2005).

Procesos ecosistémicos involucrados en el servicio	Actividades humanas involucradas en la obtención del servicio
Interacciones químicas, físicas y biológicas de ecosistemas acuáticos y terrestres	Reducción en la liberación de contaminantes, mantenimiento de ecosistemas y procesos
Interacciones biológicas entre organismos y con los componentes abióticos de los ecosistemas	Mantenimiento de la biodiversidad, manejo de especies individuales, manejo de ecosistemas, introducción de especies
Interacciones biológicas entre organismos y con los componentes abióticos de los ecosistemas: mutualismo (polinización), competencia, depredación, mantenimiento	Mantenimiento de la biodiversidad, manejo de especies individuales, manejo de ecosistemas, introducción de especies
Interacciones entre la vegetación y los macro y microorganismos del suelo, que mantienen a éste y sus funciones	Mantenimiento de biodiversidad del suelo, de cobertura vegetal y de procesos
Interacciones entre la atmósfera y sus componentes, y con la tierra y su tipo de cobertura	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y conservación/manejo de cobertura vegetal
Interacciones entre la atmósfera y sus componentes, la tierra y su tipo de cobertura, y las actividades productivas	Reducción de emisiones de contaminantes y manejo de cobertura vegetal
Interacciones entre los componentes físicos y bióticos de los ecosistemas y los patrones climáticos	Conservación/manejo de ecosistemas terrestres
Evolución a lo largo del tiempo y del espacio de la interacción entre los humanos y los ecosistemas	Mantenimiento de la biodiversidad y de los ecosistemas del país, mantenimiento del conocimiento y percepciones





SEMILLAS FORESTALES NATIVAS
para la restauración ecológica

YURELI GARCÍA DE LA CRUZ,* JOSÉ MARÍA RAMOS PRADO* Y JOAQUÍN BECERRA ZAVALETA*



Fragmento de bosque mesófilo de montaña. Xico, Veracruz, México.

Nuestro país presenta un severo proceso de deforestación y fragmentación de sus comunidades vegetales –entre ellas bosques, selvas, vegetación de zonas áridas y semiáridas, dunas costeras y humedales (manglares)–, que está ocasionando una pérdida importante de los recursos genéticos forestales maderables y no maderables. Actualmente, los fragmentos de vegetación original están en riesgo de ser transformados en sistemas agropecuarios ya que no existen alternativas económicas para su uso y manejo. Por ello se requiere urgentemente establecer mecanismos estratégicos que involucren programas de manejo, capacitación, asistencia técnica e incentivos económicos que permitan su rescate y conservación.

Una estrategia de rescate, conservación, restauración y manejo forestal de los fragmentos de vegetación nativa de nuestro país son las fuentes semilleras o unidades productoras de germoplasma forestal (UPGF). Las comunidades rurales marginadas que aún poseen reductos de vegetación original pueden usarlas en forma productiva, mejorar sus ingresos y promover la conservación de la biodiversidad[1].

Las UPGF son áreas que presentan conjuntos de árboles seleccionados con base en las características óptimas deseables para la producción de semillas. Son los llamados "árboles semilleros", a partir de los cuales se asegura el abastecimiento de germoplasma de calidad certificada que se destina a los programas de forestación, reforestación y restauración ecológica; incluye, además, plantaciones comerciales forestales, sistemas agroforestales y proyectos de rescate y conservación.

La selección de los árboles semilleros y, por lo tanto, de las características deseables depende de los objetivos del proyecto o programa en el cual se van a usar. Por ejemplo, para una plantación de producción de madera, las características idóneas son árboles sanos, vigorosos, con fustes rectos y largos, poca ramificación y alta producción de semillas. Los árboles que cumplen con el 100% de estas características son considerados árboles semilleros tipo 1; cuando no cumplen en su totalidad con alguna de ellas, pero sí con más del 50%, por ejemplo no poseen un fuste lo suficientemente recto o presentan mucha ramificación, se les clasifica como tipo 2; y cuando se trata de árboles que presentan menos del 50% de las características deseables, se les califica como tipo 3.

Evidentemente se espera tener sólo árboles semilleros tipo 1, sin embargo, en aquellos casos donde hay pocos árboles tipo 1 y la mayoría son tipo 2 o 3, se les selecciona y se toman en cuenta para la plantación.

Durante mucho tiempo la mayoría de los programas de reforestación y/o restauración impulsados por los diferentes niveles de gobierno en el país y las plantaciones forestales establecidas por la iniciativa privada habían tenido un éxito relativo debido a la falta de control de la procedencia y calidad de la semilla que se empleaba en los viveros forestales. No obstante, durante los últimos años varias dependencias e instituciones de investigación y enseñanza han promovido los fundamentos y las estrategias que apuntan a la certificación de esta materia prima como fuente de germoplasma forestal de calidad.

Una selección errónea de la fuente semillera o el uso de material biológico de mala calidad puede generar mayores pérdidas en la plantación que cualquier otro factor que se valore; por lo que las ventajas y rendimientos que se obtengan de un predio donde se plante con semilla de origen conocido, mejorada y certificada serán mayores que en los que se emplean semillas de las que se desconocen sus características y procedencia.

A pesar de que este esfuerzo es encomiable, para la identificación de las UPGF es necesario tomar en cuenta una serie de consideraciones técnico-científicas:

Determinación del estado de conservación de un sitio a través de imágenes de satélite y estudios semicuantitativos de la vegetación

Antes de crear estrategias de conservación, restauración o aprovechamiento forestal, se debe saber qué recursos hay en la región, esto significa conocer e identificar los fragmentos de vegetación bien conservados. Para ello, las imágenes de satélite resultan de gran ayuda para identificar aquellos sitios que, con base en la cobertura vegetal, parecen importantes reservorios de germoplasma forestal. El siguiente paso es verificar en campo si esos sitios efectivamente corresponden a reductos de vegetación en buen estado de conservación. Por consiguiente un estudio semicuantitativo permitirá conocer de manera rápida y relativamente fácil la estructura del rodal en cuestión. Este tipo de análisis refleja el número de estratos presentes y su cobertura, además de la densidad, la altura y el diámetro de las especies dominantes. De este modo, primero se eligen los sitios que arrojan los valores más altos para cada variable, ya que éstos sugieren que el sitio se encuentra en un estado bien conservado y representa un sitio potencial de producción de germoplasma de calidad.

Determinación de la estructura, composición y diversidad del sitio

Una vez que se ha determinado el estado de conservación de los fragmentos de vegetación a través del estudio semicuantitativo, se procede a elegir aquellos sitios que se encuentran en mejor estado de conservación y se aplica un estudio cuantitativo, es decir, se determina su estructura (distribución de las formas de vida en el espacio, tanto en sentido vertical-estratificación como horizontal-cobertura), su composición (formas de vida que habitan en dicho sitio) y la diversidad (riqueza de especies).[2]

En este tipo de estudio se emplean diferentes métodos para hacer un estudio de la comunidad, pero en general se toma una muestra representativa de la zona y se utilizan transectos o cuadros para recabar datos de variables como altura, diámetro, área del tronco y cobertura de los árboles de las especies seleccionadas. A partir de estos datos se crean listados de las especies presentes y se evalúa la importancia de cada especie con base en el índice de valor de importancia que resulta de la multiplicación de la densidad, dominancia y frecuencia relativas.

Para medir la productividad de semillas se requiere un estudio adicional de la fenología (el periodo de duración de cada una de las etapas en el ciclo de vida de un individuo, esto es, floración y fructificación principalmente, así como caída de hojarasca y producción de hojas), y se determina el potencial económico del sitio.

Producción de planta en vivero (semilla procedente de árboles semilleros), en Zozocolco de Hidalgo, Veracruz.







Colecta de semillas de encino mediante trampas de malla sombra.

Plántula de encino roble (*Quercus leiophylla*).

Interpretaciones, toma de decisiones y registro

Ya que se han identificado los reductos de vegetación más conservada y se ha hecho un estudio semicuantitativo en campo y uno cuantitativo para conocer la estructura y composición del sitio, es posible proponer o recomendar el sitio o los sitios potenciales y las especies más prometedoras para establecerlas como fuentes semilleras.

El listado de las especies y el valor de importancia de cada una de ellas permite conocer las especies más abundantes e importantes desde el punto de vista de la restauración ecológica, así como registrar aquellos individuos que podrían servir como fuentes de abasto de semillas (árboles semilleros). De este modo es posible seleccionar las especies forestales que se deseen reproducir por su importancia para la protección, conservación, madera, forraje, leña, etcétera. También permitirá identificar y jerarquizar especies endémicas y nativas por su estatus especial, amenazadas o en peligro de extinción, o por su valor ecológico, económico y/o cultural, con el propósito de incorporarlas a programas de conservación y de restauración ecológica, mediante el uso de técnicas y de estrategias *in situ* y/o *ex situ* de conservación.[3]

Éste sería el siguiente paso en el plan de manejo forestal, en el cual los estudios demográficos y de dinámica poblacional son importantes para hacer predicciones de cosecha de semillas, cantidad de cosecha y el grado de regeneración de la población de individuos en diferentes estadios de vida.

Se recomienda poner especial atención en la selección de fuentes de semillas forestales para evitar pérdidas económicas. Por ello, es necesario hacer un plan de manejo forestal que contemple el estudio y empleo de las poblaciones de las especies seleccionadas, así como su relación con los bancos de semillas y viveros locales y regionales que permitan asegurar la comercialización de los productos. El establecimiento de una UPGF implica su registro y el de los árboles semilleros ante las autoridades competentes (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT), lo que le da un valor agregado al germoplasma producido y le asegura al comprador el éxito en sus proyectos.

Un estudio de caso

Un ejemplo es el trabajo que se está llevando a cabo en el predio La Mascota, en el municipio de Xico perteneciente al estado de Veracruz. En esta zona la vegetación predominante es el bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla. Como es sabido, este tipo de vegetación se encuentra amenazado por diversos factores, entre otros la agricultura, la ganadería, la explosión demográfica, de modo que en México su superficie se ha reducido a 0.48%, que equivale a alrededor de un millón de hectáreas.[4] Esto resulta preocupante, ya que de seguir con el cambio de uso de suelo el área seguirá reduciéndose hasta desaparecer en los próximos años.

Desde el 2009 se ha trabajado en dicho predio con el objetivo de establecer un rodal semillero (sitio conformado por árboles que poseen características

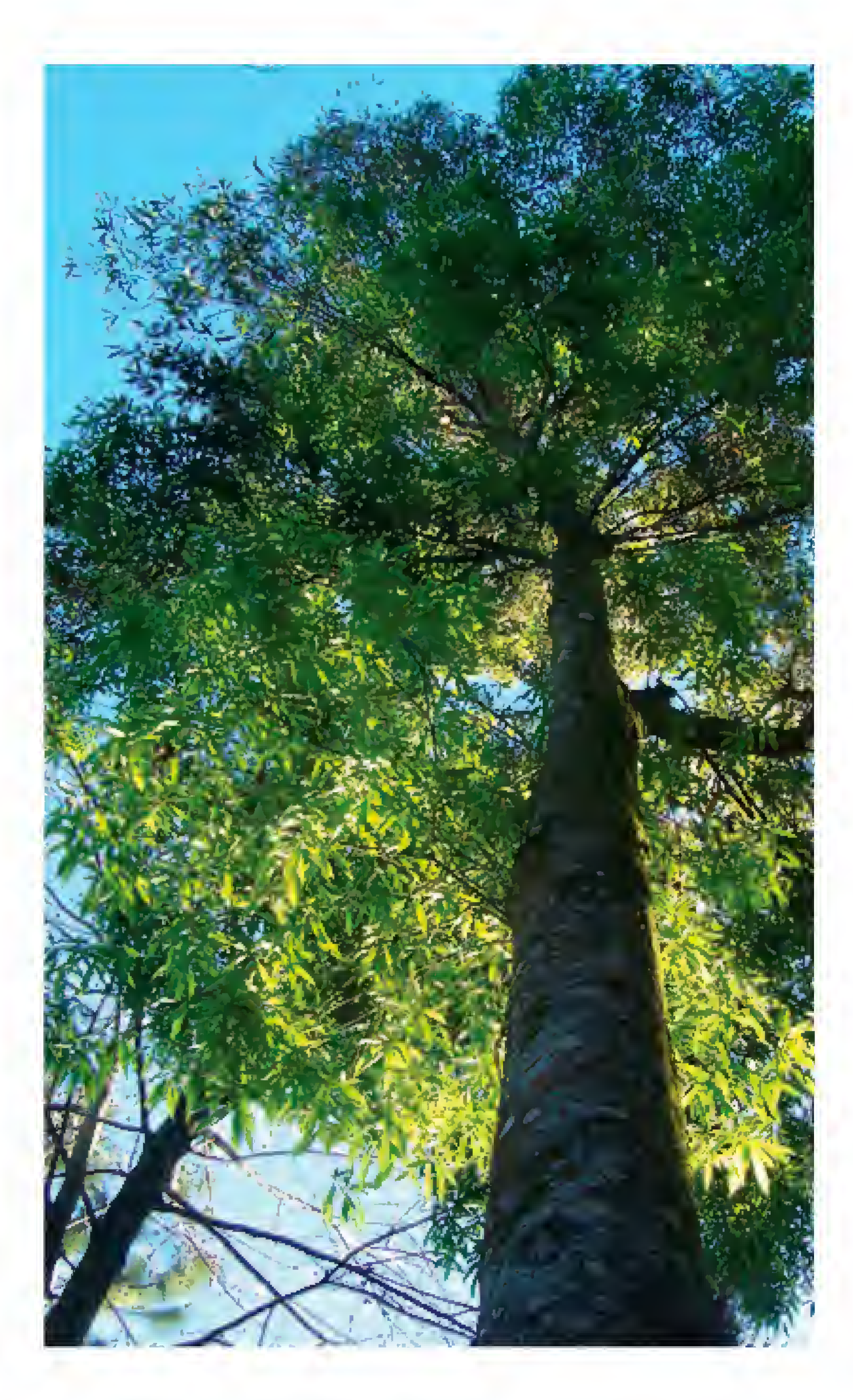
idóneas para la producción de semillas, al cual se le da un manejo forestal para su buen desarrollo). En la primera etapa se hicieron varios recorridos en esa área para hacer un diagnóstico del sitio (estado de conservación), se identificaron los árboles semilleros, se etiquetaron y se tomaron datos como altura, diámetro y cobertura. En la segunda etapa se elaboró un listado de las especies dominantes que se registraron y con base en éste se eligieron las especies con las cuales se realizaría el rodal semillero. Las especies dominantes fueron los encinos (*Quercus salicifolia* y *Quercus leiophylla*), típicos del bosque mesófilo de montaña.[5, 6]

En la tercera fase se eligieron tres sitios de 2 000 m^2 y bajo cada árbol semillero de encino se colocaron trampas de malla para colectar las bellotas que cayeran en la época de fructificación (agosto-octubre).

Cada quince días se vaciaron las trampas y se hizo un conteo de las semillas para ver la producción de los árboles. Las semillas se llevaron al laboratorio de germoplasma de la Comisión Nacional Forestal para evaluar la calidad de la semilla en relación con la viabilidad y el porcentaje de germinación, por ejemplo, con la intención de tener un panorama general del estado de las semillas del sitio. Cabe señalar que estas pruebas las realiza gratuitamente el personal de esa dependencia, sin embargo, cualquier persona puede efectuarlas de manera rústica en su casa haciendo un corte de la semilla para ver si están llenas (presencia de endospermo y embrión) o vacías (ausencia de embrión y endospermo).

La siguiente etapa consistió en documentar los datos de pesos y la calidad de la semilla para certificarla y tener la certeza de que cuenta con la calidad necesaria para venderla y abastecer el predio que se destinará al rodal semillero. Para llevar a cabo este proceso es importante acudir a instancias de gobierno, como la SEMARNAT o la propia Comisión Nacional Forestal, y solicitar información acerca de los requisitos para tener un permiso de colecta de semilla con fines de comercialización y certificación de rodales semilleros.

Actualmente el equipo de trabajo realiza esta última etapa. Con la impartición de talleres a la comunidad se ha enfatizado la importancia que tienen las unidades productoras de germoplasma forestal en la conservación y el beneficio económico para los dueños de predios conservados. Es importante resaltar que hay muchos otros ejemplos de rodales ya conformados y certificados en zonas tropicales y templadas. Queda de manifiesto que ante la situación de pérdida y erosión genética que impera en México es necesario crear estrategias productivas para las comunidades e impulsar su desarrollo.



Un "árbol semillero" de encino (*Quercus salicifolia*).

Bibliografía

[1] García, G. 2005. "De tal árbol, tal semilla: importancia de contar con germoplasma de calidad", en *Revista Electrónica de la Comisión Nacional Forestal* 20, <http://www.mexicoforestal.gob.mx/editorial.php? id=108>.

[2] Williams-Linera, G. 1996. "Crecimiento diamétrico de árboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa", en *Madera y Bosques* 2(2): 53-65.

[3] Benítez, G.; Ma. T. Pulido y M. Equihua. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. Instituto de Ecología-SIGOLFO-CONAFOR, Xalapa.

[4] Challenger, A., y J. Soberón. 2008. "Los ecosistemas terrestres" en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México, pp. 87-108.

[5] Tolomé, J. 1993. *Caída de hojarasca y comportamiento fenológico de las especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña del Parque Ecológico "Francisco Javier Clavijero", Xalapa, Veracruz.* Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.

[6] Pérez, I. del C. 1991. *Comparación de la composición florística y de la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña a diferentes altitudes en el centro del estado de Veracruz.* Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.

Selección y manejo de rodales semilleros. Serie Técnica. Manual Técnico núm. 11. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 176 pp.

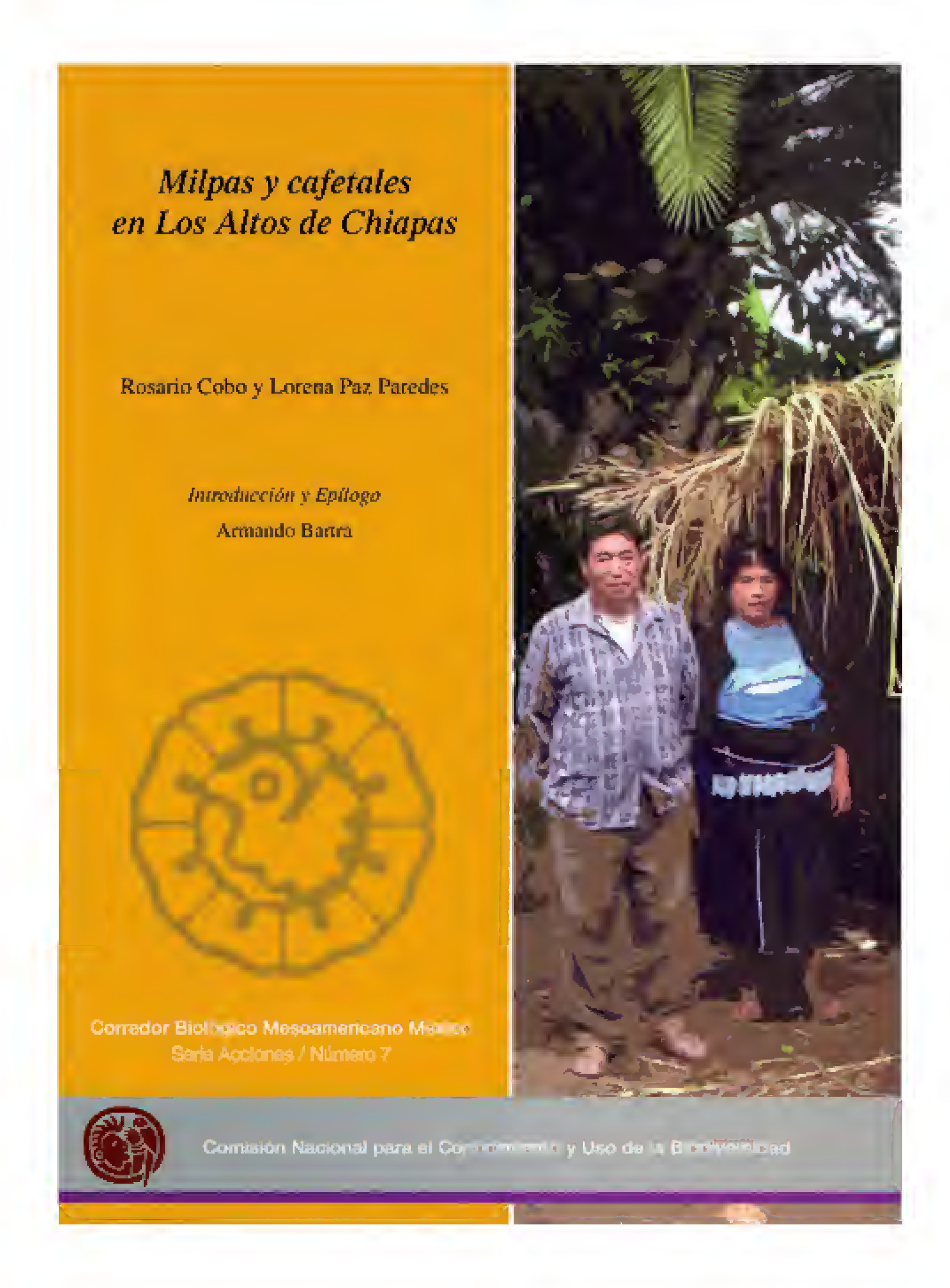
* Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.
yureli1@hotmail.com
jramos0555@yahoo.com.mx
jbecerra16@hotmail.com

Milpas y cafetales en Los Altos de Chiapas

Este libro ofrece una selección de estudios sobre estrategias familiares de pequeños productores de café de Los Altos de Chiapas, y un estudio comparativo con otros casos de unidades domésticas similares de Puebla y Oaxaca. Estas familias son integrantes de organizaciones regionales promotoras de la cafeticultura orgánica que comercializan el grano en mercados alternativos.

El texto es resultado de una investigación que realizó el Instituto Maya, encabezada por Rosario Cobo y Lorena Paz Paredes, durante 2004 y 2005, cuyo propósito fue aportar a las agrupaciones cafetaleras un conocimiento más sistematizado del comportamiento de sus asociados, colaborando a mejorar sus programas y visiones de desarrollo comunitario y regional, y también a enriquecer sus propuestas de políticas públicas hacia el sector.

El volumen pertenece a la serie *Conocimientos, Acciones y Diálogos*, en la que el Corredor Biológico Mesoamericano México deja constancia del trabajo realizado en favor de la conectividad entre áreas de gran riqueza biológica en nuestro territorio. La edición estuvo a cargo de la CONABIO.



La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

SECRETARIO TÉCNICO: Juan Rafael Elvira Quesada
COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
DIRECTOR DE COMUNICACIÓN: Carlos Galindo Leal

Sigue las actividades de CONABIO a través de Twitter y Facebook

Biodiversitas es de distribución gratuita. Prohibida su venta.

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO: Renato Flores
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Leticia Mendoza y Adriana Cataño
PRODUCCIÓN: Gaia Editores, S.A. de C.V.
IMPRESIÓN: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.

biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos